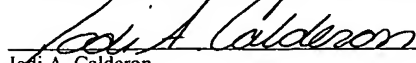


I hereby certify that this correspondence is being deposited with the U.S. Postal Service as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date specified below.


Jodi A. Calderon

Date: 10-29-03

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Serial No.: unassigned Examiner: (not yet assigned)
Filing Date: October 29, 2003 Art Unit: 2879
Inventor: Frank PROBST Attorney Docket No. 127.016
Invention: *Electric Heating Device Comprising a Plurality of Heating Elements*

SUBMISSION OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

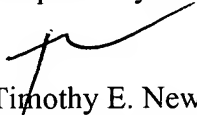
Mail Stop Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Arlington, VA 22313-1450

Sir:

The above-captioned patent application claims foreign priority under 35 U.S.C. §119(b) on **European** Patent Application No. **02024503.1** (the priority document), filed on **October 30, 2002**. A certified copy of the priority document is submitted herewith in order to perfect the claim for priority.

This certified copy of the priority document is submitted prior to the payment of the issue fee and, therefore, no fee is due at this time. See 37 CFR §1.55(a)(2). However, the Director is hereby authorized to charge payment of any additional fee(s) associated with this or any other communication or credit any overpayment to Deposit Account No. 50-1170, if necessary.

Respectfully submitted,


Timothy E. Newholm
Registration No. 34,400

Dated: October 29, 2003

Customer Account No. 23598
BOYLE, FREDRICKSON, NEWHOLM,
STEIN & GRATZ, S.C.
250 Plaza, Suite 1030
250 East Wisconsin Avenue
Milwaukee, WI 53202
Telephone: (414) 225-9755
Facsimile: (414) 225-9753



**Eur päisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office eur péen
des brevets**

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02024503.1

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:
Application no.: 02024503.1
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 30.10.02
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

catem DEVELEC GmbH
Gewerbepark West 16
76863 Herxheim
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Elektrische Heizvorrichtung mit mehreren Heizelementen

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

H05B1/02

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR

GRÜNECKER KINKELDEY STOCKMAIR & SCHWANHÄUSSER

ANWALTSSOZIENTÄT

EPO - Munich
69
30. Okt. 2002

GKS & S MAXIMILIANSTRASSE 58 D-80538 MÜNCHEN GERMANY

RECHTSANWÄLTE LAWYERS

MÜNCHEN
DR. HELMUT EICHMANN
GERHARD BARTH
DR. ULRICH BLUMENRÖDER, LL.M.
CHRISTA NIKLAS-FALTER
DR. MAXIMILIAN KINKELDEY, LL.M.
DR. KARSTEN BRANDT
ANJA FRANKE, LL.M.
UTE STEPHANI
DR. BERND ALLEKOTTE, LL.M.
DR. ELVIRA PFRANG, LL.M.
KARIN LOCHNER
BABETT ERTLE

PATENTANWÄLTE EUROPEAN PATENT ATTORNEYS

MÜNCHEN
DR. HERMANN KINKELDEY
PETER H. JAKOB
WOLFHARD MEISTER
HANS HILGERS
DR. HENNING MEYER-PLATH
ANNELIE EHNOLD
THOMAS SCHUSTER
DR. KLARA GOLDBACH
MARTIN AUFENANGER
GOTTFRIED KLITZSCH
DR. HEIKE VOGELANG-WENKE
REINHARD KNAUER
DIETMAR KUHLE
DR. FRANZ-JOSEF ZIMMER
BETTINA K. REICHELT
DR. ANTON K. PFAU
DR. UDO WEIGELT
RAINER BERTRAM
JENS KOCH, M.S. (U of PA) M.S.
BERND ROTHAEDEL
DR. DANIELA KINKELDEY
DR. MARIA ROSARIO VEGA LASO
THOMAS W. LAUBENTHAL
DR. ANDREAS KAYSER
DR. JENS HAMMER
DR. THOMAS EICKELKAMP

PATENTANWÄLTE EUROPEAN PATENT ATTORNEYS

BERLIN
PROF. DR. MANFRED BÖNING
DR. PATRICK ERK, M.S. (MIT)

KÖLN
DR. MARTIN DROPMANN

CHEMNITZ
MANFRED SCHNEIDER

OF COUNSEL PATENTANWÄLTE

AUGUST GRÜNECKER
DR. GUNTER BEZOLD
DR. WALTER LANGHOFF

DR. WILFRIED STOCKMAIR
(-1996)

IHR ZEICHEN / YOUR REF.

UNSER ZEICHEN / OUR REF.

EP 24597 – 573/Sch.

DATUM / DATE

30.10.02

Anmelderin: catem DEVELEC GmbH
Gewerbepark West 16
76863 Herxheim

Elektrische Heizvorrichtung mit mehreren Heizelementen

GRÜNECKER KINKELDEY
STOCKMAIR & SCHWANHÄUSSER
MAXIMILIANSTR. 58
D-80538 MÜNCHEN
GERMANY

TEL. +49 89 21 23 50
FAX (GR 3) +49 89 22 02 87
FAX (GR 4) +49 89 21 86 92 93
<http://www.grunecker.de>
e-mail: postmaster@grunecker.de

DEUTSCHE BANK MÜNCHEN
No. 17 51734
BLZ 700 700 10
SWIFT: DEUT DE MM

Elektrisch Heizvorrichtung mit mehreren Heizelementen

Die Erfindung betrifft eine elektrische Heizvorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Eine solche elektrische Heizvorrichtung eignet sich insbesondere für den Einsatz als elektrische Zusatzheizung in Kraftfahrzeugen.

In Kraftfahrzeugen werden elektrische Heizvorrichtungen u.a. zur Erwärmung der Innenraumluft, zur Vorheizung von Kühlwasser bei wassergekühlten Motoren oder zur Erwärmung von Kraftstoff verwendet. Derartige elektrische Zusatzheizungen bestehen üblicherweise aus mindestens einer Heizstufe mit Heizelementen und einer Steuervorrichtung. Die Heizelemente sind in der Regel als Heizwiderstand, insbesondere als PTC-Element ausgebildet. Die Heizung und die Steuereinheit können sowohl als getrennte Funktionseinheiten ausgebildet als auch zu einer Baueinheit zusammengefasst sein.

In EP-A2-1 157 868 ist eine elektrische Heizvorrichtung beschrieben, bei der sowohl die Heizelemente als auch eine Steuereinrichtung in einer Baueinheit zusammengefasst sind. Zur Ansteuerung der Heizelemente ist eine Mehrzahl von Steuerungskonzepten dargestellt, die nachfolgend kurz zusammengefasst werden.

Eine Leistungsregelung für eine elektrische Heizvorrichtung besteht im einfachsten Fall aus mehreren separaten Heizelementen und einer identischen Ansteuerung aller Heizelemente. Eine solche Ansteuerung ist am Beispiel von drei Heizstufen in Fig. 1 wiedergegeben. Die Heizleistung der einzelnen Heizstufen P1, P2 und P3 ist jeweils untereinander, oberhalb der Gesamtheizleistung P (im untersten Diagramm) dargestellt. Bei steigendem Heizbedarf werden die einzelnen Heizelemente gleichmäßig angesteuert, so dass jedes der einzelnen Heizelemente eine zunehmend größere Heizleistung erzeugt. Dabei entspricht die Gesamtheizleistung P der Summe der Einzelheizleistungen P1 bis P3.

Zur Ansteuerung von elektrischen Lasten wird häufig die sog. Puls-Weiten-Modulation (PWM) eingesetzt. Sie zeichnet sich durch eine besonders einfache technische Um-

setzbarkeit aus. In Fig. 2 ist eine solche getaktete Ansteuerung dargestellt. Jeder Heizkreis der Heizvorrichtung wird von einer Steuereinrichtung mit einer festen Frequenz F und der Periode T getaktet. Die Leistung jedes einzelnen Heizelementes ergibt sich dabei aus dem Taktverhältnis. Durch eine Modulation der Breite der Pulse ist es möglich, die Heizleistung zu variieren.

Die in Fig. 2 gezeigte Leistungsregelung entspricht prinzipiell der unter Bezugnahme auf Fig. 1 beschriebenen linearen Ansteuerung. Demgemäß werden zur Erzeugung einer vorgegebenen Gesamtheizleistung alle Heizelemente gleichmäßig angesteuert. Bei zunehmender Gesamtheizleistung nimmt die Heizleistung der einzelnen Heizelemente entsprechend zu. Das Tastverhältnis in Fig. 2 beträgt beispielsweise 70 % für jeden der Pulse. Es wird demgemäß 70 % der maximal möglichen Heizleistung erzeugt. Im untersten Diagramm der Fig. 2 gibt die gestrichelte Linie mit der Bezeichnung $P_{70\%}$ die gemittelte effektive Heizleistung aller Heizelemente der Heizvorrichtung an. Die durchgezogene Linie gibt dagegen jeweils die Momentanleistung an.

Um EMV-Probleme beim Einsatz der Puls-Weiten-Modulation zu vermindern, werden Verbraucher "sanft" ein- und ausgeschaltet, d.h. mit einer relativ langsamen Flanke. Da jedoch die dazu benötigten Leistungsschalter während einer solchen Flanke im linearen Betrieb angesteuert werden, wird gleichzeitig eine erhebliche momentane Verlustleistung erzeugt. Solche "Flankenverluste" können bei der Ansteuerung elektrischer Zusatzheizungen einen bedeutenden Anteil an der gesamten Verlustleistung der jeweiligen Schalter ausmachen.

Nachteilig an einer solchen Ansteuerung gemäß Fig. 2 ist die zeitliche Schwankung der von den Heizelementen erzeugte Heizleistung. Ein weiteres Problem sind sehr große Stromspitzen auf der Zuleitung, da alle Verbraucher gleichzeitig ein- bzw. ausgeschaltet werden.

Um solche zeitlichen Schwankungen bei der Wärmeabgabe zu vermeiden, können die Heizelemente einer elektrischen Heizung bei Verwendung einer Puls-Weiten-Modulation mit zeitlichem Versatz angesteuert werden. Ein Beispiel für eine solche Ansteuerung ist in Fig. 3 wiedergegeben. Dabei werden die drei dargestellten Heiz-

elemente mit einem zeitlichen Versatz t getaktet. Die jeweilige aktive Pulsbreite ist für die einzelnen Stufen über eine ganze Periode T eines Taktes verteilt.

In einem solchen Verfahren wird im Summenstrom der Verbraucher, d.h. der Heizelemente, die n -fache (n = Kanalzahl) Frequenzkomponente sichtbar. Dadurch ist bei gleichbleibender Summenstromfrequenz eine verhältnismäßig niedrige Puls-Weiten-Modulations-Frequenz möglich.

Bei einem Einsatz solcher elektrischer Heizvorrichtungen in Kraftfahrzeugen hat die Summenstromfrequenz Einfluss auf das gesamte KFZ-Bord-Netz und kann als störendes Lichtflimmern wahrgenommen werden, sobald die visuellen Wahrnehmungsgrenzen unterschritten werden.

Wie oben erwähnt entstehen bei der Ansteuerung über eine Puls-Weiten-Modulation generell Flankenverluste. Diese Flankenverluste treten bei jedem Ein- und Ausschalten auf, so dass ihr Anteil mit steigender Ansteuerfrequenz linear zunimmt. Die Ansteuerfrequenz darf jedoch auch bestimmte Untergrenzen nicht unterschreiten, damit das Lichtflimmern nicht wahrnehmbar wird. Es verbleibt für eine sinnvolle Ansteuerfrequenz damit nur ein bestimmter Korridor, innerhalb dessen die Ansteuerfrequenz variierbar ist.

Die Größe der Flankenverluste ergibt sich gemäß folgender Gleichung:

$$P_{\text{Edge}} = \left[\frac{W_{\text{Rising Edge}}}{T_{\text{PWM}}} + \frac{W_{\text{Falling Edge}}}{T_{\text{PWM}}} \cdot n \right] \quad (1)$$

Dabei bezeichnet P_{Edge} die durch die Flanken verursachte Verlustleistung, $W_{\text{Rising Edge}}$ die in einem Leistungsschalter umgesetzte Energie während einer steigenden Flanke, $W_{\text{Falling Edge}}$ die in einem Leistungsschalter umgesetzte Energie während einer fallenden Flanke, T_{PWM} die Periodendauer der Puls-Weiten-Modulation und n die Anzahl der Kanäle, d.h. die Anzahl der separat angesteuerten Heizelemente.

Solche Flankenverluste können mit verbesserten Ansteuerungsverfahren deutlich reduziert werden. Dazu ist bei einem verbesserten Ansteuerungsverfahren für eine elektrischen Heizvorrichtung die Heizleistung nur eines der Heizelemente variabel einstellbar. Alle weiteren Heizelemente können nur zu- oder abgeschaltet werden, d.h. sie sind entweder nur unter Volllast oder Nulllast betreibbar. Diese Heizelemente werden je nach Bedarf zu- bzw. abgeschaltet. Für eine "Feinabstimmung" der zu erzeugenden Heizleistung wird das kontinuierlich einstellbare Heizelement mit einem variablen Heizleistungsbeitrag zugeschaltet.

Bei Kombination dieses Konzepts mit der Puls-Weiten-Modulation werden nicht ständig alle Kanäle getaktet, sondern es wird lediglich die Heizleistung des kontinuierlich einstellbaren Kanals über eine PWM eingestellt. Eine entsprechende Ansteuerung ist in Fig. 4 und Fig. 5 wiedergegeben. Die Heizleistung eines Heizelementes wird soweit erhöht, bis das Heizelement am Maximum seiner erbringbaren Heizleistung angelangt ist. Anschließend wird dieses Heizelement ohne Taktung, d.h. ohne Puls-Weiten-Modulation, weiter bestromt. Bei einer weiteren Erhöhung der zu erbringenden Heizleistung wird diese über eine Puls-Weiten-Modulation des nächsten Heizelements erbracht. Dieser Vorgang wird fortgesetzt, bis alle Heizelemente ständig eingeschaltet sind. Fig. 5 zeigt eine Alternative, bei der nur die Heizleistung eines der Heizelemente kontinuierlich einstellbar ist, wohingegen die anderen Heizelemente nur zu- bzw. abgeschaltet werden.

Auf diese Weise kann die gleiche erzeugte Heizleistung mit geringeren Flankenverlusten erzeugt werden. Die dabei auftretenden Flankenverluste werden durch die folgende Gleichung wiedergegeben:

$$P_{\text{Edge}} = \frac{W_{\text{Rising Edge}}}{T_{\text{PWM}}} + \frac{W_{\text{Falling Edge}}}{T_{\text{PWM}}} \quad (2)$$

Dadurch, dass lediglich eines der Heizelemente zur gleichen Zeit über eine PWM angesteuert wird, werden die Flankenverluste im Vergleich zur vorherigen Gleichung auf $1/n$ reduziert.

Nachteilig bei einer solchen Heizleistungsregelung ist jedoch die inhomogene Erwärmung des Heizblocks durch die einzelnen Heizelemente. Dadurch wird das zu erwärmende Medium lokal ungleichmäßig beheizt und weist somit Zonen unterschiedlicher Temperatur auf.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine elektrische Heizvorrichtung mit gleichmäßiger Erwärmung der Heizelemente bei gleichzeitig niedriger Verlustleistung und ein Verfahren zur Ansteuerung einer solchen elektrischen Heizvorrichtung anzugeben.

Diese Aufgabe wird mit dem Merkmal des Anspruchs 1 für eine elektrische Heizvorrichtung und mit den Merkmalen des Anspruchs 9 für ein Ansteuerungsverfahren gelöst.

Erfindungsgemäß wird die Zuordnung der Ansteuerungssignale zu den Heizelementen in vorgegebenen Zeitabständen variiert. Zur Ansteuerung einer solchen elektrischen Heizvorrichtung werden dabei die den Heizelementen zugeführten Ströme jeweils vertauscht, so dass die Heizelemente nacheinander von unterschiedlichen "Ansteuerungskanälen" der Steuereinheit angesteuert werden. Dadurch kann im zeitliche Mittel eine homogenere Erwärmung des aufzuheizenden Mediums erreicht werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird die Zuordnung durch Permutation oder Rotation aller Zuordnungen verändert. Dadurch kann eine homogene Erwärmung des aufzuheizenden Mediums erreicht werden, da jedem Heizelement jeder "Kanal" der Vorrichtung aufeinanderfolgend zugeordnet wird.

Ungleichmäßigkeiten in dem zu erwärmenden Medium können auf diese Weise insbesondere dann vermieden werden, wenn ein Ansteuerungsschema verwendet wird, bei dem einzelne Heizelemente zwischen maximaler Heizleistung und Nullleistung umgeschaltet werden.

Bei Verwendung einer Umschaltung zwischen maximaler Heizleistung und Nullleistung zur Ansteuerung von Heizelementen ist wenigstens ein Ansteuerkanal erforderlich, dessen Heizleistung kontinuierlich einstellbar ist. Vorteilhafterweise wird ein kontinuierlich einstellbarer Ansteuerungskanal und im übrigen Kanäle mit einer Umschaltung zwischen maximaler Heizleistung und Nullleistung verwendet. Bei einer solchen Ansteuerung ist eine geringere Verlustleistung bei gleichzeitig feinerer Heizleistungseinstellung möglich.

Vorteilhafterweise wird zur Ansteuerung der kontinuierlich einstellbaren Heizleistung eine Puls-Weiten-Modulation verwendet. Die Zeitabstände, in denen die Zuordnungen verändert werden, sind vorzugsweise ein ganzzahliges Vielfaches einer Periode der Puls-Weiten-Modulation. Auf diese Weise lassen sich die Flankenverluste durch Umschaltungen besonders klein halten.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der beiliegenden Figuren beschrieben, in denen:

- Fig. 1 ein Steuerkonzept zur gleichmäßigen Ansteuerung von drei Heizelementen zeigt,
- Fig. 2 ein Beispiel für eine getaktete Steuerung der Heizleistung darstellt,
- Fig. 3 eine getaktete Steuerung der Heizleistung mit einem Zeitversatz der einzelnen Ansteuerungskanäle darstellt,
- Fig. 4 und 5 Varianten eines Ansteuerungskonzeptes zeigen, bei dem gleichzeitig immer nur ein Heizelement zwischen Nulllast und maximaler Heizleistung betrieben wird,

Fig. 6a und 6b einer Aufsicht bzw. Seitenansicht einer erfindungsgemäßen elektrischen Heizvorrichtung zeigen,

Fig. 7 die Grundsaltung einer erfindungsgemäßen elektrischen Heizvorrichtung mit drei Heizelementen zeigt, und

Fig. 8 ein Beispiel für eine rotierende Ansteuerung der Heizelemente einer elektrischen Heizvorrichtung zeigt.

Fig. 6a zeigt eine Seitenansicht der erfindungsgemäßen elektrischen Heizvorrichtung 1, die insbesondere für den Einsatz in Kraftfahrzeugen geeignet ist. Fig. 6b zeigt eine Aufsicht auf die elektrische Heizvorrichtung 1. Die elektrische Heizvorrichtung 1 enthält einen Heizblock, der aus einer Mehrzahl geschichteter oder gestapelter Heizelemente 2 besteht. Jedes Heizelement 2 besteht aus wenigstens einem Widerstandsheizelement mit benachbart dazu angeordneten Radiatoren oder Wärmeleitflächen. Als Widerstandsheizelemente werden vorzugsweise PTC-Elemente verwendet. Der Heizblock aus den Heizelementen 2 wird in einem Rahmen gehalten. Dieser Rahmen besteht aus gegenüberliegenden Längsholmen 3 und senkrecht dazu angeordneten Seitenholmen 4 und 5. Im Gegensatz zum Seitenholm 4 ist der Seitenholm 5 als einseitig offener Kasten ausgebildet. Die Öffnung dieses kastenförmigen Seitenholms 5 liegt auf der den Heizelementen 2 gegenüberliegenden Seite des Seitenholms 5. In diesen Kasten ist eine Steuervorrichtung einsetzbar, die die Wärmeabgabe der einzelnen Heizelemente 2 durch Steuerung des den Heizelementen 2 zugeführten Stroms steuert. Die offene Seite des als Kasten ausgebildeten Seitenholms 5 wird nach dem Einsetzen der Steuerschaltung mit einem aufgedeckten oder aufklipsbaren Deckel verschlossen. Die elektrische Heizvorrichtung 1 wird über zwei Anschlussbolzen 8 mit Strom versorgt. Diese sind so ausgebildet, dass sie problemlos die geforderten Heizströme leiten können. Der Seitenholm 5 besitzt gemäß einer besonderen Ausführungsform in den Seiten Fensteröffnungen 7. Diese Fensteröffnungen 7 sind so angeordnet, dass sie ebenfalls in dem Strom des zu erwärmenden Mediums liegen. Zwischen den sich gegenüberliegenden Fensteröffnungen 7 sind Kühlelemente 6 angeordnet, die die Verlustwärme von den Leistungselektronikbauelementen der Steuerschaltung abführen.

Die Grundschaltung einer elektrischen Heizvorrichtung als Zusatzheizung gemäß der vorliegenden Erfindung ist in Fig. 7 wiedergegeben. Eine Steuereinheit 16, vorzugsweise eine Recheneinheit bzw. ein Mikrocomputer, steuert die Heizleistung mehrerer elektrischer Heizwiderstände 17. Die hohen Ströme, die zur Erzielung einer Gesamtheizleistung im Bereich zwischen 1000 bis 2000 Watt erforderlich sind, werden über Leistungshalbleiter 11, insbesondere Leistungstransistoren, den elektrischen Heizwiderständen 17 zugeführt. Die Steuervorrichtung 16 bestimmt die Strommenge, die von den Transistoren 11 an die Widerstände 17 geleitet wird, und zwar in Abhängigkeit von dem verwendeten Steuerverfahren und vorgegebenen Sollwerten. Dazu ist die Recheneinheit 16 über Leitungen 18 separat mit jedem der Leistungstransistoren 11 verbunden.

Die Gesamtheizleistung, die von den Heizwiderständen erzeugt wird, regelt die Recheneinheit 16 in Abhängigkeit von der erwünschten Heizleistung. Zusätzlich kann auch die maximal zur Verfügung stehende Generatorleistung in einem Kraftfahrzeug zur Steuerung mitberücksichtigt werden.

Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Leistungsregelungskonzepte bekannt, bei denen beispielsweise mehrere, unabhängige Heizelemente je nach gewünschter Gesamtheizleistung gleichmäßig angesteuert werden oder sequenziell angesteuert werden. Erfindungsgemäß trägt jeder Heizwiderstand im Wesentlichen mit im zeitlichen Mittel gleichem Heizleistungsbeitrag zur Gesamtheizleistung bei. Dazu wird die Zuordnung der von der Steuervorrichtung 16 erzeugten Ansteuersignale ("Kanäle") zu den einzelnen Heizelementen mit vorgegebenen Zeitabständen variiert, insbesondere rotiert oder permutiert. Dadurch werden Ungleichmäßigkeiten der Erwärmung über den gesamten Heizblock verteilt und Zonen ungleichmäßiger Erwärmung werden in dem zu erwärmenden Luftstrom vermieden.

Vorzugsweise sind die Zeitabstände so gewählt, dass unter Ausnutzung der thermischen Trägheit der Heizelemente eine homogene Erwärmung bewirkt wird.

Unter Verwendung einer Puls-Weiten-Modulation entspricht die Zeitspanne, d.h. die Rotationsperiode (T_R), einem ganzzahligen Vielfachen k der PWM-Periode T_{PWM} . Die Anzahl der dabei erzeugten Flanken hängt von der angeforderten Heizleistung ab, nämlich insbesondere davon, ob sich der Ein/Aus-Schaltzustand eines Heizelements durch die Zuordnungsveränderung ändert. Da die Anzahl der Flanken die Höhe der erzeugten Verlustleistung bestimmt, gilt für die maximale Flankenanzahl, die dann entsteht, wenn ein einziger getakteter Kanal für die "Feinabstimmung" der Heizleistung verwendet wird und die verbleibenden Kanäle jeweils entweder ein- und ausgeschaltet werden, die folgende Gleichung:

$$P_{Edge} = \left[\frac{W_{RisingEdge}}{T_{PWM}} + \frac{W_{FallingEdge}}{T_{PWM}} \right] \cdot \frac{k+1}{k} \quad (3)$$

Wird der Zeitabstand, d.h. die Rotations- bzw. Permutationsperiode, sehr groß gewählt (d.h. $k \rightarrow \infty$), so geht die Gleichung (3) in die Gleichung (2) über.

Fig. 8 zeigt ein Beispiel für eine rotierende Ansteuerung der Heizelemente mit vier "Ansteuerungskanälen". Die Ansteuerungskanäle werden gemäß einem vorgegebenen Rotationsschema den Heizelementen 17 zugeordnet. Die Periodendauer T_R ist so gewählt, dass sie achtmal so groß wie einer PWM-Periode T_{PWM} ist.

Bei einem Wert von k von acht für das Verhältnis der Ansteuerungsrotationszeitspanne zur PWM-Periode wird gegenüber dem bekannten Verfahren mit einem getakteten Kanal und ohne Rotation (Gleichung 2) ein zusätzlicher Flankenverlust von 12,5 % erzeugt. Gegenüber dem Verfahren, bei dem alle Kanäle gleichmäßig getaktet werden (Gleichung 1), wird dagegen eine Verminderung der Flankenverluste von 71,9 % bei diesem Beispiel erreicht.

Außerdem kann durch die individuellere Ansteuerung bei dem Verfahren mit rotierender Kanalzuordnung die Gesamtleistung sehr viel feiner dosiert werden als bei einer gleichmäßigen Ansteuerung der Heizelemente gemäß Gleichung 1.

Zusammenfassend betrifft die Erfindung eine elektrische Heizvorrichtung und ein Verfahren zur Ansteuerung einer solchen Heizvorrichtung, mit denen eine homogene Erwärmung eines Heizregisters erreicht werden soll. Dazu werden die Zuordnungen zwischen den Ansteuerungskanälen einer Steuervorrichtung und den Heizelementen in vorgegebenen Zeitabständen variiert.

Patentansprüche

1. Elektrische Heizvorrichtung, insbesondere als Zusatzheizung für Kraftfahrzeuge, mit mehreren zu einem Heizblock zusammengesetzten Heizelementen (17), die jeweils separat ansteuerbar sind, und einer Steuervorrichtung (16) zur Ansteuerung der Heizelemente (17), wobei die Heizleistung für jedes der Heizelemente (17) separat einstellbar ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Steuervorrichtung (16) so eingerichtet ist, dass bei der Ansteuerung der einzelnen Heizelemente (17) eine Zuordnung der jeweils separat einstellbaren Heizleistung zu den einzelnen Heizelementen (17) in vorgegebenen Zeitabständen (T_R) änderbar ist.

2. Elektrische Heizvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Änderung der Zuordnung eine Permutation oder eine Rotation der Zuordnung der jeweils separat eingestellten Heizleistungen zu den einzelnen Heizelementen (17) darstellt.
3. Elektrische Heizvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuervorrichtung (16) wenigstens eines der Heizelemente (17) über eine Umschaltung zwischen maximaler Heizleistung und Nullleistung ansteuert.
4. Elektrische Heizvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuervorrichtung (16) wenigstens eines der Heizelemente (17) über eine im Wesentlichen kontinuierlich einstellbare Heizleistung ansteuert.
5. Elektrische Heizvorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuervorrichtung (16) eines der Heizelemente (17) über eine kontinuierlich einstellbare Heizleistung ansteuert und alle weiteren Heizelemente (17)

über eine Umschaltung zwischen maximaler Heizleistung und Nullleistung ansteuert.

6. Elektrische Heizvorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuervorrichtung (16) das wenigstens eine Heizelement (17), dessen Heizleistung kontinuierlich einstellbar ist, über eine Puls-Weiten-Modulation ansteuert.
7. Elektrische Heizvorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorgegebenen Zeitabstände (T_R) ein ganzzahliges Vielfaches (k) einer Periode (T_{PWM}) der Puls-Weiten-Modulation darstellen.
8. Elektrische Heizvorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizvorrichtung insgesamt vier separat ansteuerbare Heizelemente (17) umfasst und die vorgegebenen Zeitabstände (T_R) dem Achtfachen der Periode (T_{PWM}) der Puls-Weiten-Modulation entsprechen.
9. Verfahren zur Ansteuerung einer elektrischen Heizvorrichtung, insbesondere als Zusatzheizung für Kraftfahrzeuge, mit mehreren zu einem Heizblock zusammengesetzten Heizelementen (17), die jeweils separat ansteuerbar sind, wobei die Heizleistung separat für jedes der Heizelemente (17) eingestellt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Zuordnung der jeweils separat eingestellten Heizleistungen zu den einzelnen Heizelementen (17) in vorgegebenen Zeitabständen (T_R) geändert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Änderung der Zuordnung eine Permutation oder eine Rotation der Zuordnungen der jeweils separat eingestellten Heizleistungen zu den einzelnen Heizelementen (17) darstellt.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass eines der Heizelemente (17) über eine Umschaltung zwischen maximaler Heizleistung und Nullleistung angesteuert wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eines der Heizelemente (17) über eine im Wesentlichen kontinuierlich einstellbare Heizleistung angesteuert wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass eines der Heizelemente (17) über eine kontinuierlich einstellbare Heizleistung angesteuert wird und alle weiteren Heizelemente (17) über eine Umschaltung zwischen maximaler Heizleistung und Nullleistung angesteuert werden.
14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das wenigstens eine Heizelement (17), dessen Heizleistung kontinuierlich einstellbar ist, über eine Puls-Weiten-Modulation angesteuert wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorgegebene Zeitabstände (T_R) ein ganzzahliges Vielfaches (k) einer Periode (T_{PWM}) einer Puls-Weiten-Modulation darstellen.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine elektrische Heizvorrichtung und ein Verfahren zur Ansteuerung einer solchen Heizvorrichtung, mit denen eine homogene Erwärmung eines Heizregisters erreicht werden soll. Dazu werden die Zuordnungen zwischen den Ansteuerungskanälen einer Steuervorrichtung und den Heizelementen in vorgegebenen Zeitabständen variiert.

1/6

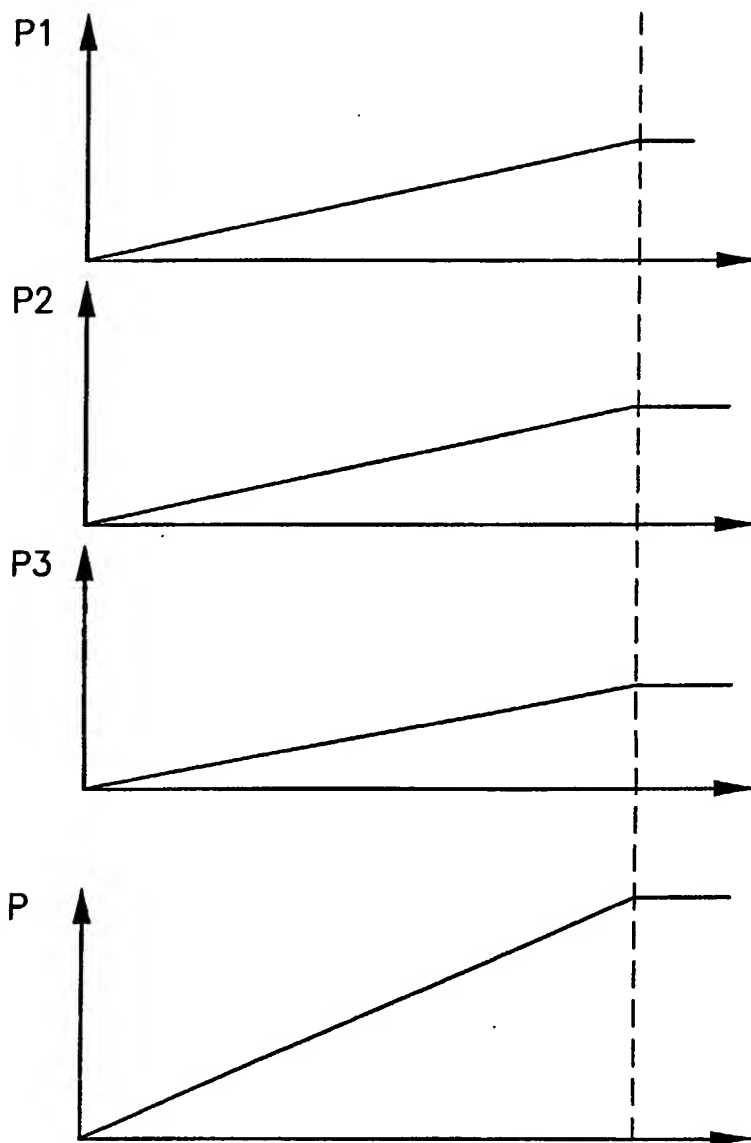


FIG. 1

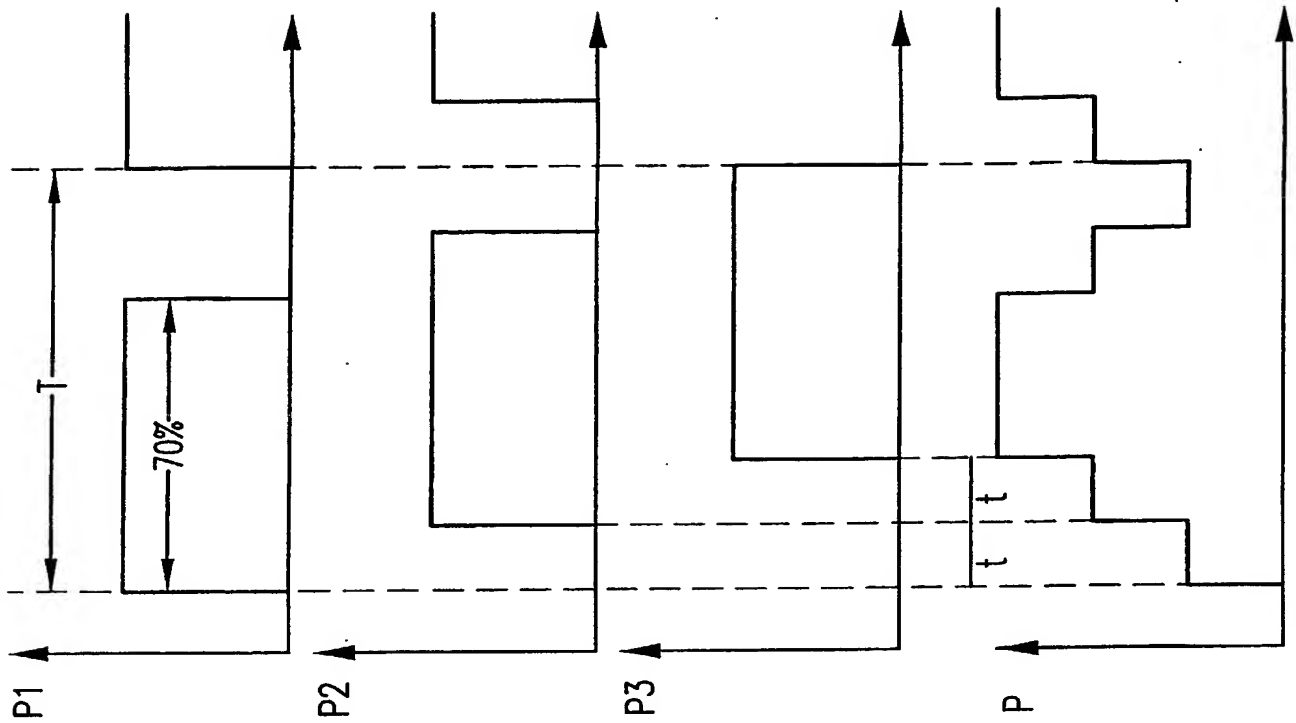


FIG. 3

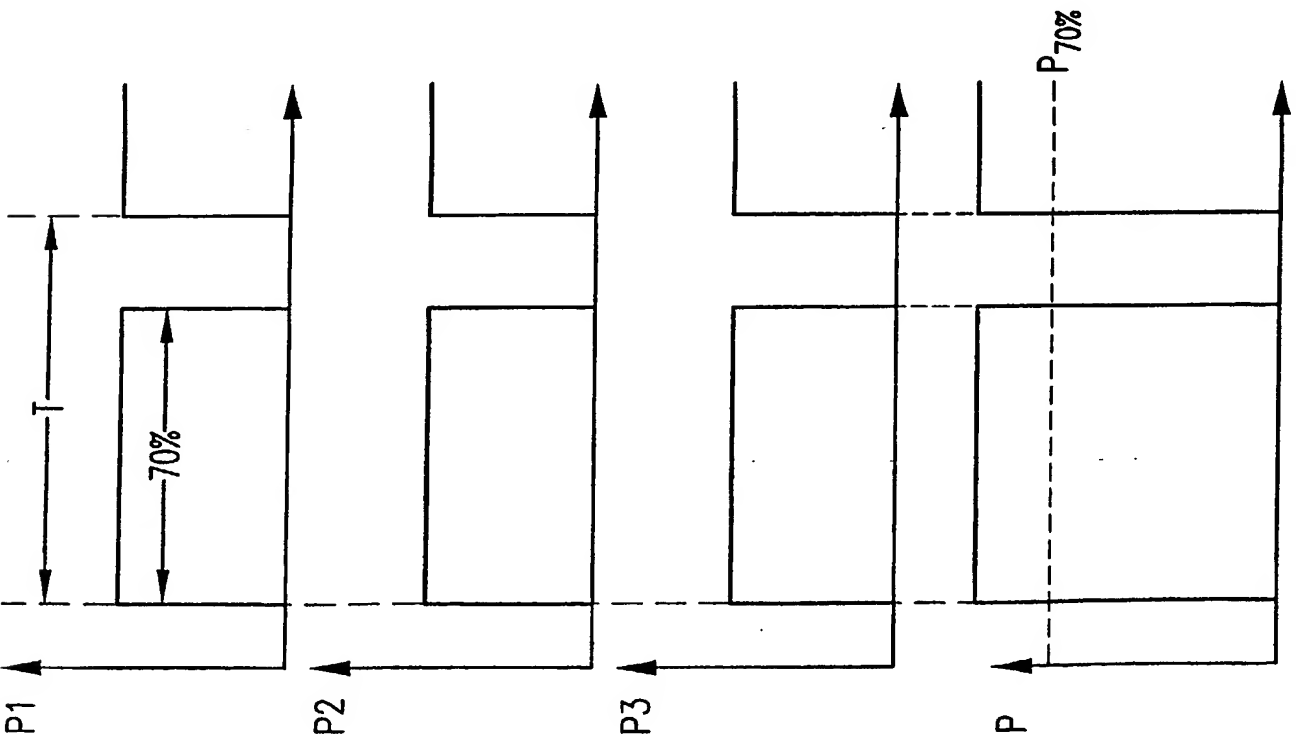


FIG. 2

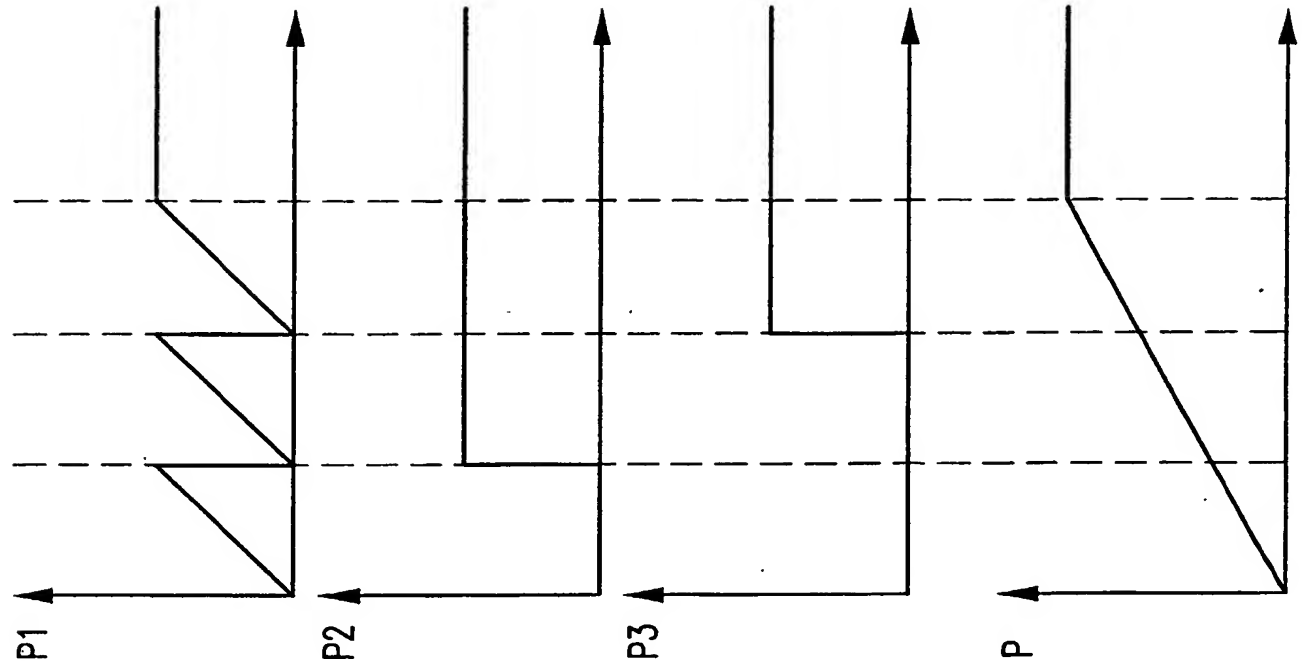


FIG. 5

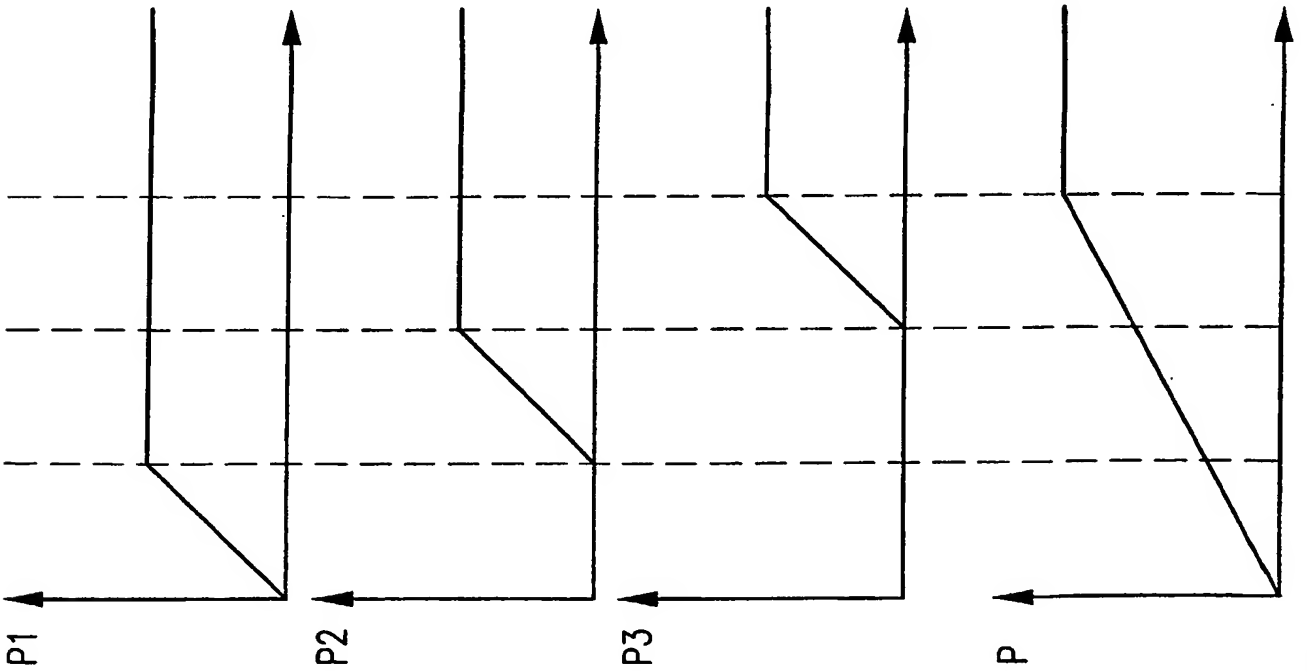


FIG. 4

416

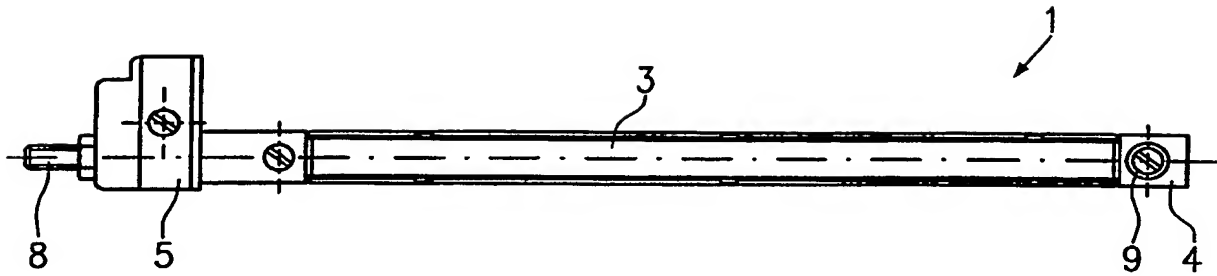


FIG. 6a

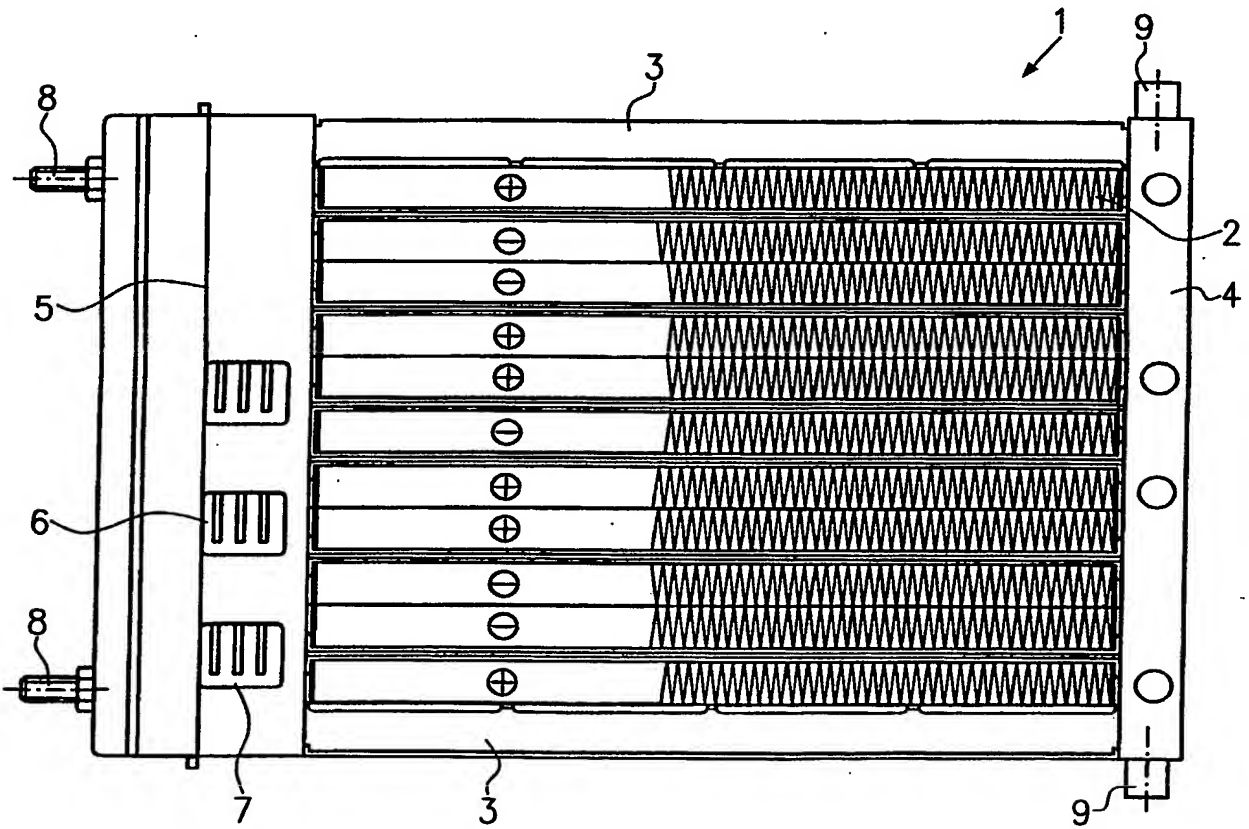


FIG. 6b

5/6

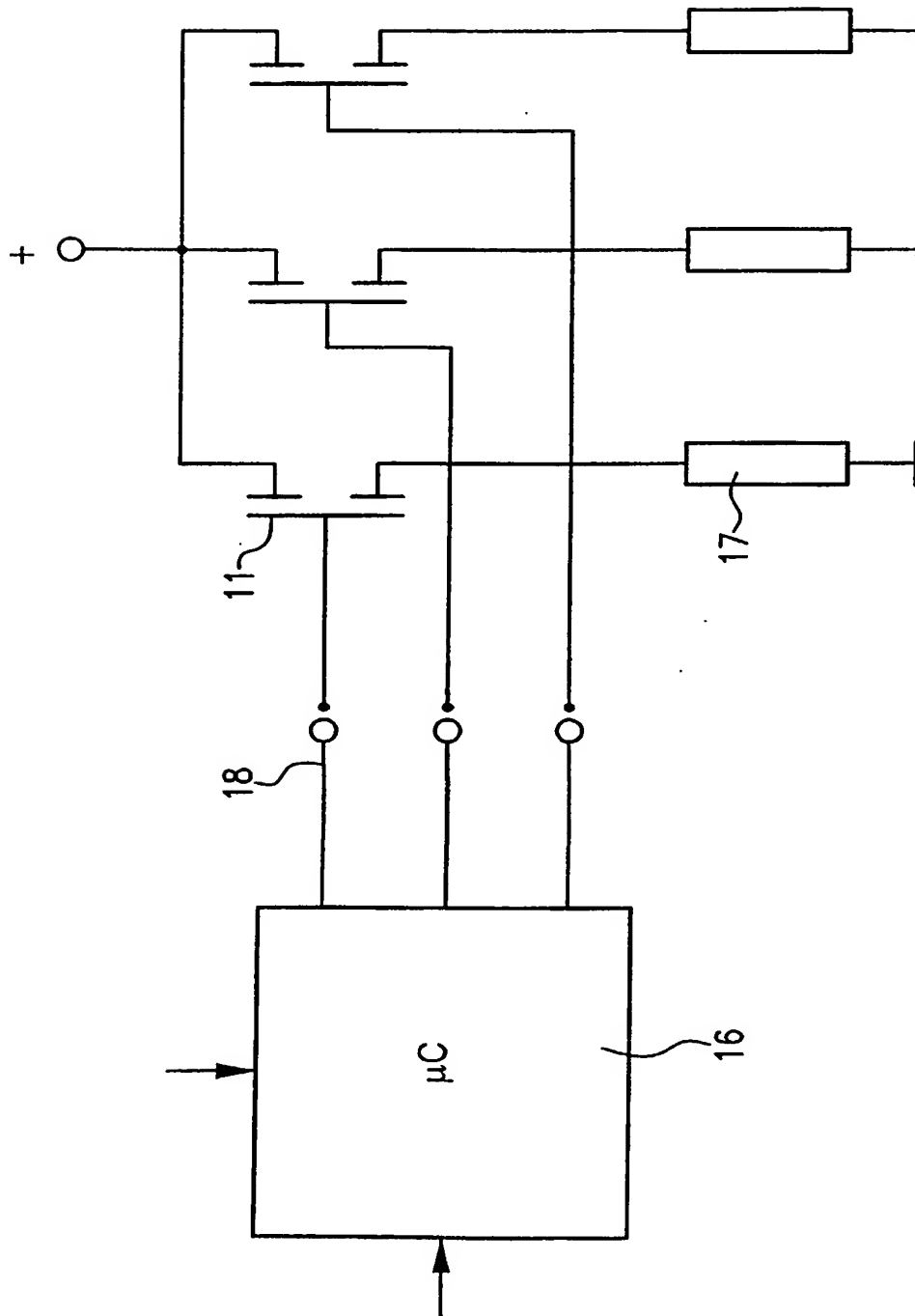


FIG. 7

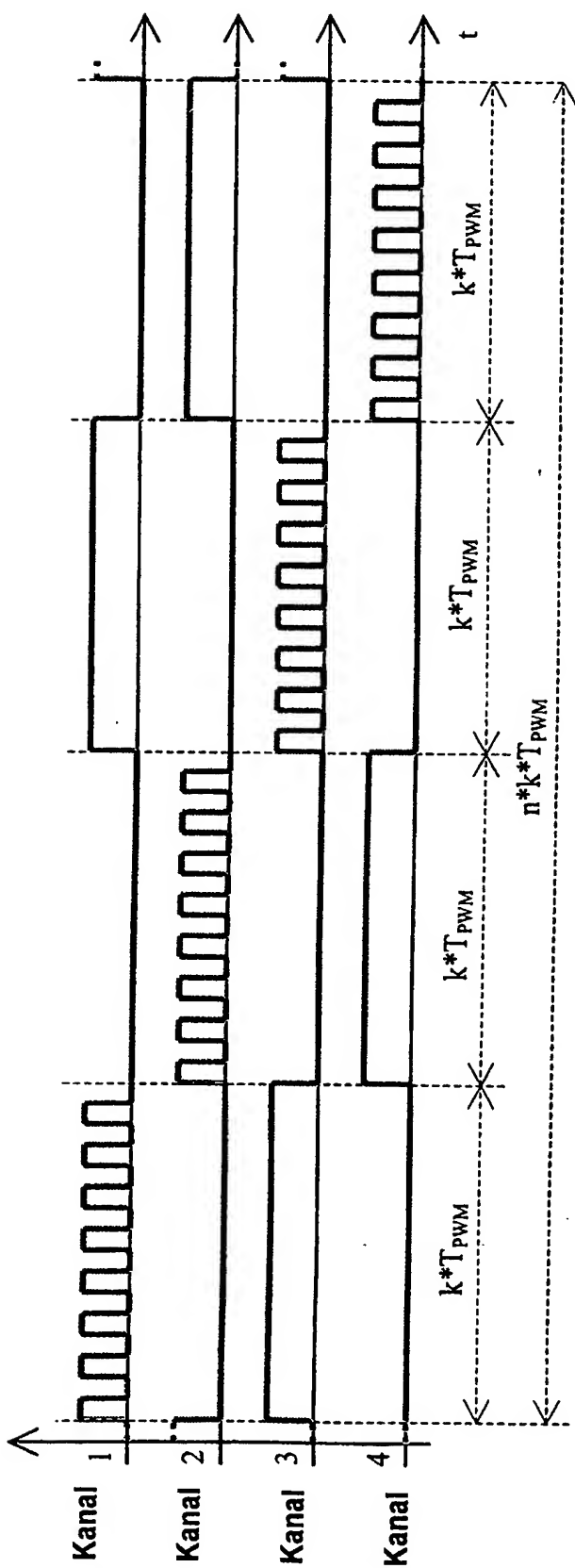


FIG. 8